(Aus dem physiologischen Institut der Universität Rostock.)

Die Wirkung
des lackfarbenen Blutes auf das isolierte Froschherz.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

der

Medizinischen Fakultät der Universität Rostock

vorgelegt von

Ernst Brandenburg
aus Stavenhagen.

Rostock 1904.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549203_0033

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Rostock.)

Die Wirkung des lackfarbenen Blutes auf das isolirte Froschherz.

Von

E. Brandenburg.

(Mit 5 Textfiguren.)

In der kürzlich in dieser Zeitschrift mitgetheilten Abhandlung „Ueber die angebliche Unfähigkeit des lackfarbenen Blutes, den Herzmuskel zu ernähren“ hat Herr Professor Langendorff (1) schon summarisch die Ergebnisse meiner Versuche mitgetheilt. Die ausführliche Darstellung derselben soll in dieser Arbeit niedergelegt werden. Meine Aufgabe bestand in der Prüfung des lackfarben gemachten (cytolytischen) Blutes verschiedener Säugethierarten auf das damit durchspülte Froschherz. Da schon die Beobachtungen Langendorff's am Warmblüterherzen gezeigt hatten, dass die verschiedenen Arten cytolytischen Blutes in Betreff ihrer Fähigkeit, das überlebende Herz schlagfähig zu erhalten, von einander abwichen, war zu untersuchen, ob dasselbe auch bei Benutzung des Froschherzens gilt; insbesondere war an ihm zu prüfen, inwieweit die Vermuthung richtig ist, dass dabei die Kaligehalte der zerstörten rothen Blutkörperchen eine Rolle spielen. Es musste also untersucht werden, ob cytolytisches Blut der Thierarten, deren Blutkörperchen wenig Kali enthalten, im Stande ist, die Arbeitskraft des Herzens zu erhalten, und ob cytolytisches Blut der Thierarten, deren Blutkörperchen mehr Kali aufweisen, die Herzthätigkeit hemmt oder vernichtet.

Meine Experimente erstrecken sich auf das Blut von Katze, Hund, Ziege, Kalb, Schaf, Schwein, Pferd, Meerschweinchen, Kaninchen und Mensch.

Methode.

Das Blut der erwähnten Schlachtthiere erhielt ich aus dem Schlachthause; das Menschenblut wurde in der chirurgischen Klinik bei aseptischen Operationen gewonnen. Dem Chef dieser Klinik, Herrn Professor Müller, spreche ich an dieser Stelle für sein freundliches Entgegenkommen meinen besten Dank aus.

Für die meisten meiner Versuche benutzte ich das von Williams eingeführte Froschherzmanometer mit Perles'schen Glasventilen (*W*); bei fünf Versuchen verwendete ich einen nach dem Kronecker'schen Princip arbeitenden Apparat unter Benutzung der Williams'schen Herzcanüle (*K*).

Die Handhabung beider Verfahren ist zu bekannt, als dass ich sie hier zu beschreiben brauche. Erwähnen will ich hier nur, dass bei dem Williams'schen Manometer die Druckhöhe, die durch die einfliessende Speisungsflüssigkeit auf dem Herzen lastete, etwa 21—25 cm Blut, und die Höhe, die das Herz überwinden musste, um die Flüssigkeit auszupumpen, etwa 29 cm betrug. Die Förderung des Herzens wurde durch ein Maassgefäss bestimmt.

Die Herstellung des cytolytischen Blutes wurde durch Hinzufügung des dreifachen Volumens destillirten Wassers bewerkstelligt. War die Flüssigkeit vollkommen durchsichtig geworden, so ward sie durch starke Kochsalzlösung auf einen NaCl-Gehalt von 0,68—0,7 % gebracht.

Um ganz sicher zu sein, dass in der Flüssigkeit keine Blutkörperchen mehr vorhanden waren, und um die Stromata zu entfernen, wurde die Lösung längere Zeit der Centrifugirung unterworfen.

Als Versuchsobjecte dienten stets Herzen von Rana esculenta.

Versuche.

Katzenblut.

Von den damit angestellten Versuchen mögen folgende als Beispiele mitgetheilt werden.

Versuch vom 8. October 1902.

Blut einer am 7. October durch die l. Karotis verbluteten chloroformirten Katze (Fig. 1).

Die cytolytische Mischung ist 5 Stunden centrifugirt worden. Herz taucht in die Flüssigkeit, mit der es gespeist wird.

10^h 52′. Das Froschherz wird mit 0,7%iger Kochsalzlösung durchspült. 11^h. Cytolytisches Blut eingeführt. Herz schlägt sehr gut. Blutförderung: 10 ccm in 58″. $11^h30'$. Die bisherige Speisungsflüssigkeit wird mit normalem, ebenso stark verdünntem Blute vertauscht. Es macht sich kein erheblicher Unterschied bemerkbar. Förderung: 10 ccm in 65″. 11^h 54′ wird wieder cytolytisches Blut durchgeleitet. Kein merklicher Unterschied in der manometrischen Aufzeichnung; Förderung: 10 ccm in 61″. 12^h 13′ wird nochmals normales Blut eingeführt. Kein Unterschied. 5^h schlägt das Herz noch immer gut. Förderung: 10 ccm in 75″.

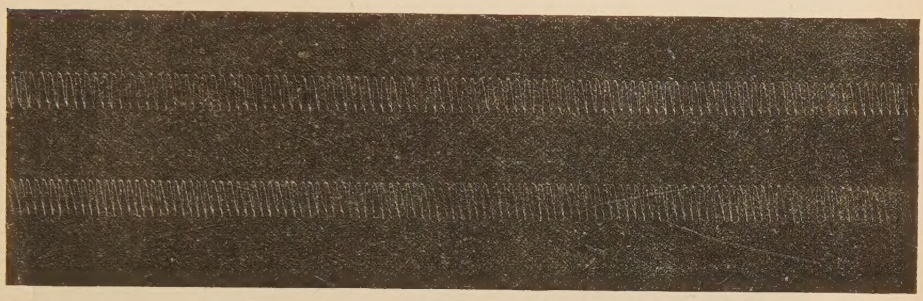

Fig. 1. Katzenblut (*W*). 1. Cytolytisches Blut, etwa ½ Stunde nach Beginn dieser Speisung. — 2. Normales Blut, unter denselben Bedingungen hindurchgeleitet.

Versuch vom 29. October 1902.

Blut von einer kurz vorher in der Chloroformnarkose durch die l. Karotis entbluteten Katze. Das cytolytische Blut ist 45 Minuten centrifugirt worden. Herz wird von aussen durch die Flüssigkeit, mit der es gespeist wird, feucht gehalten.

12^h 55′. Froschherz wird mit normalem Blute gespeist. Herz schlägt gut. 1^h 8′. Cytolytisches Blut eingeführt. Herzthätigkeit bleibt dieselbe. 4^h. Herz schlägt noch immer ausgezeichnet. 6^h. Es ist noch immer eine gleichmässige, gute Thätigkeit des Herzens vorhanden. 7^h 30′. Herz schlägt noch immer gut. Versuch abgebrochen.

Es gelingt also, durch Speisung mit Katzenblut das Froschherz zu einer viele Stunden lang anhaltenden energischen Thätigkeit zu bringen. Und zwar steht das cytolytische Katzenblut dem normalen in seiner Wirkung auf das isolirte Froschherz in keiner Weise nach, wie sich aus der Vergleichung der Förderungsmessungen und den graphischen Aufzeichnungen ergibt.

Hundeblut.

In der gleichen Weise wie das Katzenblut verhielt sich das des Hundes. Auch dieses besitzt noch im cytolytischen Zustand die

Fähigkeit, dem Froschherzen längere Zeit hindurch seine Schlagkraft zu bewahren. Einen Versuch, in dem ich das Froschherz ausschliesslich mit lackfarbenem Hundeblut speiste, greife ich heraus.

Versuch vom 10. November 1902.

Blut von einer kurz vorher getödteten jungen Hündin (nark. mit Chloroform). Das lackfarben gemachte Blut ist eine Stunde centrifugirt und die von den Stromata abgehobene Flüssigkeit noch filtrirt worden. Herz badet in demselben Blute (Fig. 2).

Nachdem das Herz durch eine 0,7 %ige Kochsalzlösung fast bis zum vollständigen Stillstand erschöpft ist, wird 12^h 32′ cytolytisches Blut eingeführt. Herz schlägt sehr gut. Förderung unter Widerstand (Klemmschraube am Abflussschlauch) 10 ccm in 95″; ohne Widerstand 10 ccm in 69″. Nachdem das

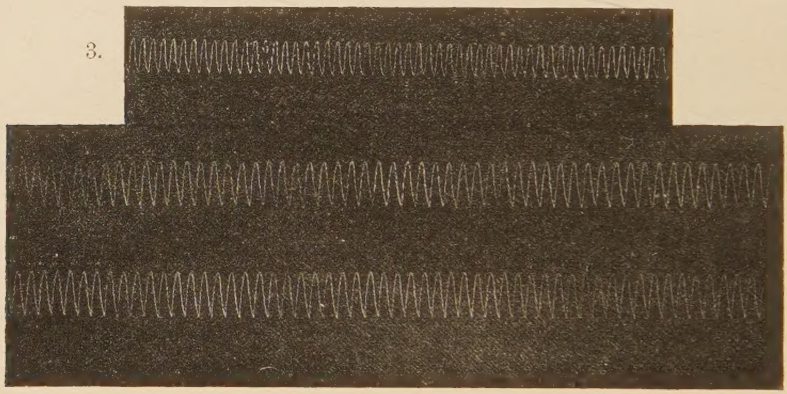

Fig. 2. Cytolytisches Hundeblut (*W*). — 1. Bald nach Beginn der Speisung. — 2. Nach 8 Minuten. — 3. Nach $6^1/_2$ Stunden.

Herz schon eine Stunde geschlagen hat, zeigt die Aufschreibung noch keinen Unterschied in der Herzthätigkeit. 5^h 30′. Noch immer gutes Schlagen. Förderung: 10 ccm in 89″; ohne Widerstand: 10 ccm in 61″. Bis 6^h 45′ schlägt das Herz noch immer gut und regelmässig. Gegen 7^h steht das Herz. Verstopfung. Das Hinderniss wird beseitigt, und das Herz setzt seine Thätigkeit fort. Es wird noch bis 8^h beobachtet. Schläge sind jetzt zwar schwächer, aber regelmässig.

Im Gegensatz zu den beiden eben besprochenen Blutarten haben die nun folgenden alle das Gemeinsame, in cytolytischem Zustande mehr oder weniger schädlich auf die Herzthätigkeit zu wirken.

Ziegenblut.

Versuch vom 3. November 1902.

Blut an demselben Tage von einer etwa 5 Jahre alten Ziege gewonnen. Cytolytische Mischung ist 36′ centrifugirt worden. 1^h. Herz wird mit normalem

Ziegenblut gespeist. Es schlägt gut. 1h 25′. Cytolytisches Blut eingeführt. Pulshöhe und Frequenz nehmen langsam, aber stetig ab. Die Diastolen werden gedehnter. 1h 42′. Vollkommener Stillstand des Herzens in Diastole. 1h 48′. Normales Blut bringt das Herz wieder zum Schlagen, wenn auch nur schwach; Herz scheint gelitten zu haben. 2h 11′ wird nochmals cytolytisches Blut eingeführt; Herz steht sofort still. Massage, Verstärkung oder Schwächung des Druckes, Verminderung der Widerstände haben keine Wirkung.

Hieraus geht hervor, dass normales Ziegenblut im Stande ist, die Herzthätigkeit zu erhalten und das Herz auch wieder zu beleben, wenn es durch cytolytisches Blut geschädigt ist, dass dagegen das cytolytische Ziegenblut das Herz zum Stillstand in der Diastole bringt. Bei dem mitgetheilten Versuche trat nach 17 Minuten Stillstand ein. Ein anderes Mal vermochte das Herz noch nach 27 Minuten geringe Contractionen auszuführen.

Schafblut.

Aehnlich wie beim Ziegenblut war die Wirkung des Schafblutes. Auch hier zeigte das normale Blut die Eigenschaft, den Herzschlag zu bewahren. Das cytolytische Blut brachte das Herz nach einiger Zeit zum fast vollständigen Stillstand.

Versuch vom 1. November 1902.

Blut von einem etwa 1 Jahr alten Hammel am 30. October Abends gewonnen.

11h 35′. Froschherz mit normalem Blute gespeist. Herz schlägt gut. 11 h 51′. Es wird cytolytisches Blut benutzt. Herzschlag und Frequenz werden allmählich immer geringer. Die nach 11 Minuten bestimmte Förderung ergibt: 10 ccm in 366″. 12h 8′. Normales Blut bringt das Herz wieder zu besserer Thätigkeit. Frequenz verlangsamt. Förderung: 10 ccm in 220″. 12h 32′ wird nochmals mit cytolytischem Blute gespeist. Das Herz kommt nach kurzer Zeit zum vollständigen Stillstand. 12h 36′ bringt normales Blut das Herz wieder zum Schlagen. 12h 42′. Versuch abgebrochen.

Kalbsblut.

Dasselbe Resultat ergaben die Versuche mit Kalbsblut, wie der Versuch vom 5. November 1902 zeigen soll (Fig. 3).

Blut von einem etwa 1 Tag alten Kalbe am 4. November Abends gewonnen. Cytolytisches Blut ist 64 Minuten centrifugirt und dann filtrirt worden. Herz wird von aussen mit der jedesmaligen Speisungsflüssigkeit befeuchtet.

12h 12′. Herz wird mit normalem Blute gespeist; schlägt gut. 12h 14′ wird

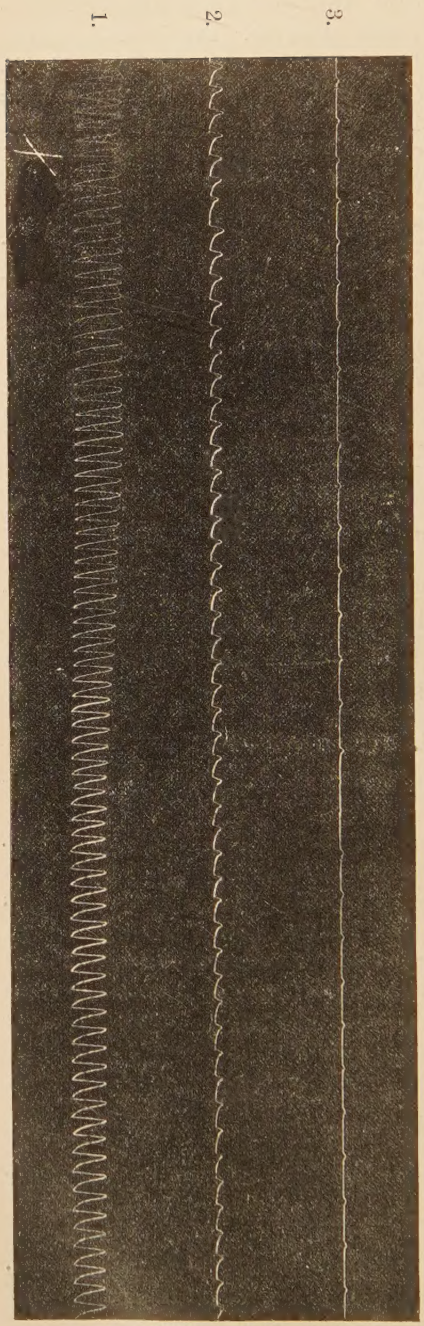

Fig. 3. Kalbsblut (*W*). — 1. Anfangs normales, bei × cytolytisches Blut. Die Zeitabstände der einzelnen Reihen entsprechen je 10 Minuten.

cytolytisches Blut durchgeleitet. Herzschlag wird langsam geringer, und das Herz kommt nach 14 Minuten fast zum Stillstand. 12h 38′. Wieder eingeführtes normales Blut bringt es zu gutem Schlagen. 1h. Es wird mit cytolytischem Blute und dann 1h 10′ mit normalem Blute nochmals gewechselt. Es treten dieselben Erscheinungen wie vorher auf. 1h 32′. Versuch abgebrochen.

Pferdeblut.

Zu diesem Versuche benutzte ich den Kronecker-schen Apparat.

Versuch vom 15. October 1902.

Blut von einem etwa 9 Jahre alten Schimmel. Getödtet an demselben Tage wegen schlecht geheilter Vorderfussfractur. Cytolytisches Blut ist 1 Stunde centrifugirt und dann filtrirt worden. Herz taucht in 0,7 %ige Kochsalzlösung. (Fig. 4.)

11h 46′. Normales Blut wird zur Speisung benutzt. Herz schlägt gut. 11h 49′. Cytolytisches Blut eingeführt. Herz schlägt sofort bedeutend langsamer, zuerst unregelmässig, dann besser. Frequenz bleibt jedoch gering. Nach 1 Minute wird der Herzschlag wieder unregelmässig. Nach 11 Minuten steht das Herz still, beginnt aber bald wieder in gleicher Unregelmässigkeit wie vorher zu schlagen. Der bis dahin nicht gewechselte Herzinhalt wird erneuert. 12h 5′. Die Frequenz nimmt weiter ab. 12h 10′. Wiederum Herzinhalt gewechselt. Es treten grössere Stillstände ein. 12h 17′. Normales Blut eingeführt. Herz schlägt wieder aus-

gezeichnet. 12h 20′. Wieder cytolytisches Blut benutzt. Sofort tritt Unregelmässigkeit des Schlagens ein, und die Frequenz nimmt ab. 12h 31′. Die Herzfüllung wird gewechselt. Das Herz steht still, fängt dann wieder an, langsam zu schlagen. 12h 35′. Normales Blut wird eingeführt. Sogleich gute Herzthätigkeit. 12h 58′. Wiederum cytolytisches Blut eingeführt. Herz steht. Es kommt dann noch 2 Minuten lang zu verlangsamten Schlägen. Die Pulshöhe und die Frequenz werden aber immer geringer. Nachdem der Inhalt erneuert ist, steht das Herz vollkommen. 1h 13′. Normales Blut eingeführt. Herz erholt sich langsam, aber stetig. Pulshöhe und Frequenz erreichen nach 2 Minuten ihre alte Höhe. 1h 19′ wird wieder cytolytisches Blut eingeführt. Herz steht zunächst. Es kommt dann zu sehr langsamen und geringen Schlägen. Nachdem aber die Füllung erneuert ist, steht das Herz dauernd. Mechanische Reize sind ohne Wirkung. 1h 37′. Mit Ringer-Lösung (0,01% KCl, 0,01% $NaHCO_3$, 0,02% $CaCl_2$, 0,7% NaCl) gespeist, erholt sich das Herz zu guter Thätigkeit.

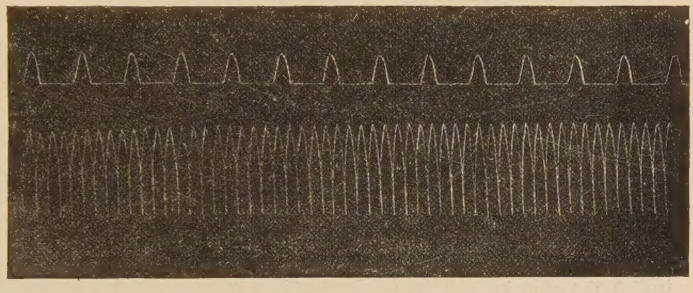

Fig. 4. Pferdeblut (*K*). — 1. Normal. — 2. Lackfarben (3 bis 4 Minuten nach Beginn der Spülung mit diesem Blute).

Das cytolytische Pferdeblut wirkte plötzlicher als das cytolytische Ziegen-, Schaf- und Kalbblut. Gleichfalls ausserordentlich rasch trat die Wirkung des cytolytischen Blutes von Schwein, Kaninchen, Meerschweinchen und Mensch ein. Zur Erläuterung werde ich von den mit diesen Blutarten angestellten Experimenten je einen, von den mit Menschenblut angestellten zwei Versuche mittheilen.

Schweineblut.

Versuch vom 28. October 1902.

Blut von einem etwa 3/4 Jahr alten Schwein (♀). Cytolytisches Blut ist 90 Minuten centrifugirt worden. Herz wird von aussen mit der jedesmaligen Speisungsflüssigkeit befeuchtet.

12h 8′. Froschherz, mit normalem Blute gespeist, schlägt gut. 12h 16′. Cytolytisches Blut eingeführt. Herz schlägt sofort langsamer und schwächer und kommt bald vollkommen zum Stillstand. 12h 28′. Es wird wiederum normales

Blut benutzt. Herz erholt sich, bleibt aber in seiner Frequenz geschädigt. 12^h 42′. Ein nochmaliger Wechsel mit cytolytischem Blute bringt das Herz bald wieder zum Stillstand. 12^h 58′ bringt normales Blut das Herz auf's Neue zum Schlagen. 1^h 32′. Ein Wechsel mit cytolytischem Blute hat wieder dieselbe Wirkung wie vorher. 1^h 55′. Versuch abgebrochen.

Kaninchenblut.

Versuch vom 13. October 1902.

Blut von einem an demselben Tage durch die l. Karotis entbluteten Kaninchen gewonnen. Cytolytisches Blut ist 60 Minuten centrifugirt worden. Herz taucht in 0,7%ige Kochsalzlösung.

11^h 54′. Herz wird mit normalem Blute gespeist; schlägt gut. 12^h. Förderung: 10 ccm in 78″. 12^h 5′. Das normale Blut wird durch cytolytisches ersetzt. Pulshöhe nimmt sofort ab, ebenso die Frequenz, die progressiv geringer wird. 12^h 12′ stellt sich eine Gruppe besserer Schläge ein, doch bald nehmen Pulshöhe und Frequenz noch mehr ab, und 12^h 51′ steht das Herz still. 1^h 21′ wird normales Blut eingeführt; Pulshöhe und Frequenz gut. 1^h 27′. Versuch abgebrochen.

Meerschweinchenblut.

Versuch vom 17. October 1902.

Blut von einem an demselben Tage durch beide Karotiden verbluteten Meerschweinchen. Cytolytisches Blut ist 60 Minuten centrifugirt worden. Kronecker'scher Apparat. Herz taucht zunächst in 0,7%ige Kochsalzlösung. Nach dem ersten Wechsel wird es von aussen mit der jedesmaligen Speisungsflüssigkeit befeuchtet.

11^h 50′. Herz wird mit normalem Blute gespeist; schlägt gut. 12^h 15′. Cytolytisches Blut. Herz steht fast. Nur sehr geringe peristaltische, von der Basis nach der Spitze verlaufende Bewegungen sind zu erkennen; es treten keine wirklichen Contractionen mehr auf. 12^h 31′ wird wiederum normales Blut eingeführt. Herz erholt sich schnell. 12^h 35′ wird wieder cytolytisches Blut benutzt. Nach einigen geringen peristaltischen Schlägen steht das Herz. 12^h 39′. Der Wechsel mit normalem Blute bringt das Herz wieder zu guter Thätigkeit. 12^h 59′. Versuch abgebrochen.

Menschenblut.

Versuch vom 25. October 1902.

Zu diesem Versuche benutzte ich ausser Menschenblut zum Schlusse zur Vergleichung noch Kaninchenblut. Blut bei einer Operation wegen Sehnenscheidenphlegmone des Daumens der linken Hand eines 53 Jahre alten Mannes an demselben Tage gewonnen. Cytolytisches Blut ist 45 Minuten centrifugirt worden, Herz wird mit der jedesmaligen Speisungsflüssigkeit von aussen feucht gehalten.

1 h 50′. Herz wird mit normalem Menschenblut gespeist; schlägt sehr kräftig. Förderung: 10 ccm in 66′. 2 h. Cytolytisches Blut durchgeleitet. Frequenz sofort geringer. Pulshöhe nimmt allmählich gleichfalls ab. Bald steht das Herz fast ganz. Nur geringe peristaltische Bewegungen, keine wirklichen Contractionen sind bemerkbar. 2 h 17′. Eingeführtes normales Blut bringt das Herz wieder zu guter Thätigkeit. 2 h 30′ wird wieder cytolytisches Blut eingeführt. Herz steht fast ganz. 2 h 35′ wird normales Kaninchenblut von einem am Tage vorher verbluteten Kaninchen benutzt. Das Herz erholt sich; doch bleibt die Frequenz etwas geringer als vorher bei Speisung mit normalem Menschen-

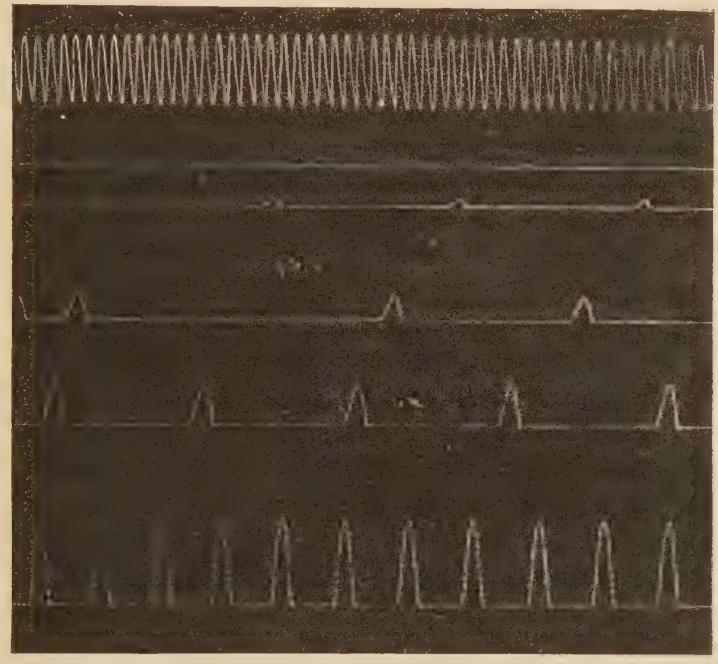

Fig. 5. — Cytolyt. Menschenblut (*K*). Reihen 1—5 in Abständen von je 7 Minuten gezeichnet. Bei 6. Spülung des zum völligen Stillstand gelangten Herzens mit Kochsalzlösung.

blute. 2 h 40′. Das Kaninchenblut durch normales Menschenblut ersetzt. Herzschlag ebenso gut wie vorher. Frequenz bessert sich allmählich. 2 h 50. Cytolytisches Kaninchenblut verursacht dieselben Erscheinungen wie das vorher gebrauchte cytolytische Menschenblut. 3 h. Versuch abgebrochen.

Versuch vom 20. October 1902.

Zu diesem Versuche wird verwendet das nach dem ersten Hautschnitt fliessende Blut von einem 27 Jahre alten Mädchen (wegen Appendicitis operirt). Cytolytisches Blut ist 30 Minuten centrifugirt worden. Herz wird von aussen mit der jedesmaligen Speisungsflüssigkeit befeuchtet. Kronecker'scher Apparat. (Fig. 5.)

12^h 35′. Froschherz wird mit 0,7 %iger NaCl-Lösung durchspült. 12^h 37′. Cytolytisches Blut wird eingeführt. Herz schlägt sofort geringer. Die Pausen zwischen den einzelnen Schlägen werden grösser. Herzthätigkeit nimmt stetig ab und erlischt schliesslich vollkommen. 1^h 20′. 0,7 %ige NaCl-Lösung belebt das Herz wieder zu guter Thätigkeit.

Folgerungen aus den bisherigen Versuchen.

Aus den mitgetheilten Versuchen folgt, dass von den untersuchten Blutarten das Blut der Wiederkäuer (Kalb, Schaf, Ziege) ganz besonders aber das des Kaninchens, Meerschweinchens, Pferdes, Schweines und des Menschen nach Auflösung der rothen Blutkörperchen nicht im Stande ist, das Froschherz zu ernähren, während dieselben Blutarten, bei gleicher Verdünnung, aber unter Schonung der rothen Blutkörperchen benutzt, ein brauchbares Nährmittel für das Froschherz darstellen. Im vollen Gegensatz zu diesen Erfahrungen stehen diejenigen, die ich mit dem cytolytischen Katzen- und Hundeblut gemacht habe, das viele Stunden lang das Herz bei voller Leistungsfähigkeit zu erhalten vermag.

Es stimmen diese Ergebnisse gut zu den Erfahrungen, die Langendorff am isolirten und künstlich gespülten Säugethierherzen gemacht hat, denen zu Folge zwar das Herz der Katze und des Hundes durch lackfarbenes Blut desselben Thieres ernährt werden kann, das des Kaninchens dagegen die Speisung mit ebensolchem Kaninchenblut nicht verträgt.

Demgemäss muss der aus den Beobachtungen von Kronecker und Mc. Guire (2), Heffter (3), Albanese (4), Göthlin (5) abgeleitete Satz, dass lackfarbenes Säugethierblut zur Speisung des Froschherzens ungeeignet sei, dahin eingeschränkt werden, dass er nur für gewisse Blutarten, jedenfalls aber nicht für das Blut der Katze und des Hundes Gültigkeit besitzt. Diese Thatsache ist desshalb wichtig, weil aus ihr hervorgeht, dass die Untauglichkeit des lackfarbenen Blutes mancher Thiere auf specifischen Eigenthümlichkeiten eben dieser Blutarten, nicht aber auf den physikalischen Zustandsänderungen beruht, die durch die Cytolyse hervorgebracht worden sind.

Auch der von Göthlin geäusserte Gedanke, dass eine Bindung des für die Herzspeisung nöthigen Ca durch das freigewordene Hämoglobin im Spiele sei, lässt sich schon desshalb zurückweisen,

weil ja auch im Blute der Katze und des Hundes eine solche Bindung stattfinden müsste. Keineswegs aber sind, wie man vielleicht annehmen könnte, diese Blutarten mit grösseren Ca-Mengen versehen als die anderen, wie aus den Analysen von Abderhalden (6) zu entnehmen ist, dessen auf das Ca bezügliche Angaben ich in folgender Tabelle zusammengestellt habe.

Gehalt an CaO in 1000 Gewichtstheilen Blut.			
Katze	0,053	Schaf I	0,070
Hund I	0,062	Schaf II	0,069
Hund II	0,049	Pferd I	0,051
Ziege	0,066	Pferd II	0,054
Rind	0,069	Schwein	0,068
Stier	0,064	Kaninchen	0,072

Wohl aber bestehen, wenn man die verschiedenen von mir benutzten Blutarten vergleicht, wesentliche Unterschiede im Gehalt an einem Stoffe, der, vorwiegend in den roten Blutkörperchen vorhanden, durch deren Auflösung frei wird und so Gelegenheit erhält, einen Einfluss auf das Herz zu üben, den er bei Unversehrtheit der Blutkörperchen nicht zu üben vermochte. Dieser Stoff ist das Kali, das in den rothen Blutkörperchen mancher Thiere in so grossen, in denen anderer in so geringen Mengen vorkommt, dass sich unter Berücksichtigung der Giftwirkung grösserer Kalimengen damit die beobachteten Differenzen im Verhalten der einzelnen Blutarten zur Genüge erklären. Ich stelle nach den Blutanalysen von Abderhalden und (soweit Menschenblut in Betracht kommt) von C. Schmidt (7) eine Tabelle zusammen, die den verschiedenen Kaligehalt im Blute der einzelnen Thierarten erkennen lässt.

(Siehe die Tabelle auf S. 636.)

Vom Meerschweinchenblut liegen Bestimmungen nicht vor; doch kann man wohl annehmen, dass darin ungefähr dieselbe Menge Kali enthalten sein wird wie im Kaninchenblut.

Wie die Tabelle zeigt, ist im Serum überall ein fast gleicher geringer Kaligehalt vorhanden. Normales Blut jeder Art zeigte sich auch in allen meinen Versuchen für die Thätigkeit des Froschherzens nicht schädlich. Dagegen enthalten die Blutkörperchen sehr ungleiche Mengen. Ein Minimum finden wir in denen der Katze (0,258 ‰) und des Hundes (0,257 und 0,289 ‰), ein Maximum

Gehalt an K_2O.

	1000 Gewichtstheile Blut enthalten:	1000 Gewichtstheile des defibrinirten Blutes enthalten in:		1000 Gewichtstheile Blutkörperchen enthalten:	1000 Gewichtstheile Serum enthalten:
Katze . . .	0,260	434,0 Körperchen 0,112	566,0 Serum 0,148	0,258	0,262
Hund I . .	0,251	407,3 Körperchen 0,118	592,7 Serum 0,113	0,289	0,226
Hund II . .	0,258	442,8 Körperchen 0,114	557,2 Serum 0,144	0,257	0,259
Ziege . . .	0,396	347,2 Körperchen 0,236	652,8 Serum 0,160	0,679	0,246
Stier . . .	0,407	334,3 Körperchen 0,233	665,7 Serum 0,174	0,696	0,262
Rind . . .	0,407	325,5 Körperchen 0,235	674,5 Serum 0,172	0,722	0,255
Schaf I . .	0,405	306,3 Körperchen 0,228	693,7 Serum 0,177	0,744	0,256
Schaf II . .	0,408	319,2 Körperchen 0,236	680,8 Serum 0,172	0,739	0,254
Pferd I . .	2,738	529,7 Körperchen 2,614	470,3 Serum 0,124	4,935	0,263
Pferd II . .	1,475	397,7 Körperchen 1,323	602,3 Serum 0,152	3,326	0,254
Schwein . .	2,309	435,09 Körperchen 2,157	602,3 Serum 0,152	4,957	0,270
Kaninchen .	2,108	372,1 Körperchen 1,946	627,9 Serum 0,162	5,229	0,259
Mensch I. .	2,095	513,02 Körperchen 1,911	486,98 Serum 0,184	3,723	0,382
Mensch II .	1,943	396,24 Körperchen 1,702	603,76 Serum 0,241	4,294	0,399

in denen des Kaninchens (5,229 ‰), des Menschen, des Pferdes und des Schweines. Der Kaligehalt der rothen Blutkörperchen des Kaninchens (vermuthlich auch des ihm verwandten Meerschweinchens) übertrifft den bei der Katze gefundenen um etwa das 20fache! Viel geringer, aber immer noch im Verhältniss zu Katze und Hund erheblich ist der K_2O-Gehalt der Blutkörperchen bei den Wiederkäuern. Nun gleichen sich freilich diese ungeheuren Differenzen zum Theil dadurch aus, dass der Gehalt des Blutes an rothen Blutkörperchen bei den verschiedenen Thieren verschieden gross ist; dennoch bleibt, wie aus dem ersten Stabe der Tabelle hervorgeht, für das Gesammtblut — also auch für das cytolytische — ein so grosser, lediglich durch die Blutkörperchen bedingter Unterschied bestehen, dass die Extreme (vgl. Hundeblut und Pferdeblut) noch um mehr als das 10fache von einander abweichen.

Die an K_2O reichen Blutarten sind es nun, die in den von mir mitgetheilten Versuchen eine ganz besondere deletäre Wirkung auf das Froschherz hatten. Schon die Art derselben (Abschwächung der Systole, Verlängerung der Diastole, verlangsamter Rhythmus, schliesslich diastolischer Stillstand, zuweilen peristaltisches Wogen) legte die Annahme einer Kaliwirkung sehr nahe. Die an K_2O armen Blutarten zeigten sich dagegen auch im cytolytischen Zustande als vortreffliche Nährmittel für das Herz.

Der von Langendorff auf Grund seiner Beobachtungen gezogene Schluss, dass das schädliche lackfarbene Blut nur dem hohen Kaligehalt seine Schädlichkeit verdanke, ist demgemäss unabweisbar.

Weitere Versuche.

Freilich wäre, um die Schlussfolgerung genau sicherzustellen, zu untersuchen, ob diese Kalimengen auch wirklich gross genug sind, um eine Giftwirkung zu entfalten, wobei zu beachten ist, dass das zur Speisung benutzte Blut, wie angegeben, stets mit dem dreifachen Volumen Kochsalzlösung verdünnt war. Da ich keine Angabe darüber finden konnte, in welcher Dosis Kali, dem Blute zugesetzt, schädlich anf das isolirte Froschherz wirkt, stellte ich einige Versuche an. Ich fügte normalem, dann auch nicht schädlichem cytolytischem Blute ein Kalisalz in der Menge hinzu, wie es, nach den Abderhalden'schen Angaben berechnet, im schädlichen cytolytischen Blute vorhanden sein musste. Diese wenigen Versuche, die nur einen orientirenden Charakter haben sollten, haben in der That gezeigt, dass schon ausserordentlich kleine Mengen von KCl im Stande sind, eine zur Ernährung des Froschherzens sehr taugliche Blutmischung in eine untaugliche zu verwandeln. So sah ich in einem Falle nach Hinzufügung von 0,017 g KCl (= 0,0108 K_2O) zu 100 ccm lackfarbenen Katzenblutes den Herzschlag augenblicklich schwächer werden. In einem anderen Versuche fügte ich zu normalem, den Herzschlag sehr gut unterhaltendem Kaninchenblut 0,0443 % K_2O (als KCl) hinzu, das heisst eine Menge, die noch kleiner ist, als der Zuwachs in Folge der Cytolyse betragen hätte, und sah dann auch Pulshöhe und Schlagzahl sofort sehr beträchtlich abnehmen.

Auch die Erfahrungen, die Göthlin mit dem Zusatz von Ca zu lackfarbenem Blute gemacht hat, sprechen zu Gunsten unserer Deutung. Wie aus den Untersuchungen zahlreicher Forscher, bes.

Ringer (8), hervorgeht, besteht in Betreff ihrer Wirkungen auf das Froschherz ein Antagonismus zwischen den Kali- und den Kalksalzen. Die giftige Kaliwirkung kann durch Ca, die giftige Ca-Wirkung durch K aufgehoben werden. Demgemäss muss es gelingen, auch im schädlichen cytolytischen Blute den Kaliüberschuss durch Hinzufügung von Ca zu compensiren. Dass dies der Fall ist, hat Göthlin gezeigt; freilich weicht er in der Deutung dieses Erfolges von der unserigen wesentlich ab. Wurde er doch durch diese günstige Wirkung zu der Annahme verführt, dass das lackfarbene Blut zur Ernährung des Froschherzens desshalb unfähig sei, weil das freiwerdende Hämoglobin den Kalk des Plasmas binde und dadurch unwirksam mache. Den thatsächlichen Befund Göthlin's habe auch ich bestätigen können, wie folgendes Versuchsbeispiel zeigen möge.

Versuch vom 13. October 1902.

Blut von einem an demselben Tage durch die linke Karotis entbluteten Kaninchen. Das cytolytisch gemachte Blut ist eine Stunde centrifugirt worden. Herz badet in Kochsalzlösung.

11^h 54′. Froschherz wird mit normalem Blute gespeist; schlägt gut. 12^h 5′. Das Blut wird durch cytolytisches ersetzt. Pulshöhe nimmt sofort ab, ebenso Frequenz. 12^h 51′. Das Herz steht vollkommen. Es wird 1 g $CaCl_2$ zu 100 ccm cytolytischen Blutes hinzugefügt. Nach anfänglich unregelmässigem Schlagen kommt es bald zu einer regelmässigen, guten Thätigkeit des Herzens.

Wie man sieht, lässt sich also die durch einen hohen Kaligehalt bedingte Giftwirkung des lackfarbenen Kaninchenblutes durch Ca-Zusatz leicht beseitigen. Dies ist ebenso wie in den Versuchen von Ringer, Howell (9) u. A. nur als antagonistische Wirkung aufzufassen. Wäre ein Ca-Zusatz nöthig, weil das vorhandene Ca des Serums durch das freigewordene Hämoglobin gebunden wäre, so würde die Wirksamkeit so kleiner Kalkmengen, zu deren Bindung doch noch eine grosse Menge von Hämoglobin zur Verfügung stände, nicht verständlich sein.

Zum Schluss sei es mir vergönnt, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Langendorff für die Unterstützung und Anleitung bei meinen Versuchen meinen besten Dank auszusprechen.

Angeführte Literatur.

1) O. Langendorff, Ueber die angebliche Unfähigkeit des lackfarbenen Blutes, den Herzmuskel zu ernähren. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 93 S. 286. 1903.

2) H. Kronecker, Verhandlungen der Physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1878/79. Du Bois-Reymond's Arch. f. Physiol. 1878 S. 321.
3) Heffter, Ueber die Ernährung des arbeitenden Froschherzens. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol. Bd. 29 S. 41. 1892.
4) Albanese, Einfluss der Zusammensetzung der Ernährungsflüssigkeit auf die Thätigkeit des Froschherzens. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol. Bd. 32 S. 297. 1893.
5) G. F. Göthlin, Ueber die chemischen Bedingungen für die Activität des überlebenden Froschherzens. Skand. Arch. f. Physiolog. Bd. 12 S. 1. 1901.
6) E. Abderhalden, Zur quantitativen-vergleichenden Analyse des Blutes. Hoppe-Seyler's Zeitschrift für physiol. Chemie Bd. 23 S. 521. 1897 u. Bd. 25 S. 65. 1898.
7) C. Schmidt, Charakteristik der epidemischen Cholera S. 29 u. 32. Leipzig u. Mitau 1850. Vergl. auch G. v. Bunge, Lehrbuch der Physiologie des Menschen Bd. 2 S. 253 u. 254. Leipzig 1901.
8) Ringer, On the mutual antagonism between lime and potash salts in toxic doses. Journ. of Physiol. vol. 5 p. 249. 1884.
9) Howell, On the relat. of the blood to the automaticity and sequence of the heart beat. Americ. Journ. of the Physiol. vol. 2 p. 47. 1898.
Derselbe, An analysis of the influence of the sodium etc. Americ. Journ. of the Physiol. vol. 6. p. 181. 1901.

Lebenslauf.

Am 28. November 1877 wurde ich in Stavenhagen geboren. Vom Jahre 1884—1891 besuchte ich das Realgymnasium zu Ludwigslust, von dieser Zeit ab das Gymnasium zu Rostock, wo ich Michaelis 1899 das Zeugnis der Reife erlangte. Von Michaelis 1899 bis Michaelis 1900 studierte ich in Heidelberg, dann in Rostock bis zur Absolvierung der ärztlichen Vorprüfung Michaelis 1901. Hierauf bezog ich die Universität Berlin. Ostern 1902 kehrte ich wieder zur Universität Rostock zurück und blieb hier bis zur Beendigung meiner Studien bis Ostern 1904. Am 21. Juni 1904 beendete ich hier die ärztliche Prüfung.

Carl Hinstorffs Buchdruckerei in Rostock.